

PNGMDR 2022-26

ANALYSE COMPARATIVE DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DE L'INCINÉRATION DES DÉCHETS DE TRÈS FAIBLE ACTIVITÉ PAR RAPPORT AU STOCKAGE DIRECT DE CES DÉCHETS – ACTUALISATION DE L'ÉTUDE 2018 (ARTICLE 23 DE L'ARRÊTÉ DU 9.12.22 D'APPLICATION DU V^e PNGMDR)

Identification
SFIRPASFP230007

Juin 2023

Page : 1/27

SOMMAIRE

Sommaire	3
1. Introduction	5
1.1 Contexte et objet du rapport	5
1.2 Principales conclusions antérieures	5
1.3 Périmètre et enjeux de l'étude	6
1.4 Documents et textes de référence	7
2. Les déchets TFA solides incinérables	8
2.1 Caractéristiques des déchets incinérables actuellement produits	8
2.1.1 Nature des déchets incinérables actuellement produits	8
2.1.2 Provenance des déchets	8
2.1.3 Quantités de déchets TFA solides incinérables	8
2.2 Mode de gestion actuel des déchets solides incinérables	9
2.2.1 Préparation et conditionnement	10
2.2.2 Incinération des déchets solides à Centraco	10
2.2.3 Compactage des déchets avant stockage	12
2.2.4 Stockage au Cires	13
2.3 Synthèse de la gestion actuelle des déchets incinérables	14
2.4 Perspectives de production et gestion des déchets TFA incinérables	14
2.4.1 Evaluation de la production future de déchets TFA	14
2.4.2 Options de gestion envisageables	15
2.4.2.1 Cas 1 : Poursuite des ratios de répartitions actuelles de gestion entre incinération et stockage	15
2.4.2.2 Cas 2 : Réaffectation des modes de gestion vers le stockage	16
2.4.2.3 Cas 3 : Réaffectation des modes de gestion vers l'incinération	16
3. Données environnementales	17
3.1 Introduction	17
3.2 Comparaison des transports	17
3.2.1 Données de distance parcourue	17
3.2.2 Impacts environnementaux des transports	19
3.3 Energie	19
4. Conclusion et perspectives	21
ANNEXES	22
Annexe 1 : Présentation de la gestion des déchets par stockage au Cires	22
Annexe 2 : Présentation de la gestion des déchets par incinération à Centraco	24
Annexe 3 : Données environnement des filières stockage et incinération	25
Annexe 4 : Données santé-sécurité au travail des filières stockage et incinération	27

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Volume des déchets TFA incinérables produits annuellement (moyenne 2015-2020)	9
Figure 2 : Graphique des volumes annuels traités dans l'unité d'incinération de Centraco entre 2015 et 2021 par type de déchet	11
Figure 3 : Gains volumique par incinération	12
Figure 4 : Balle de déchets issue du compactage en presse à balles (source : Andra, Cires)	13
Figure 5 : Capacité de stockage préservée par compactage à la presse	13
Figure 6 : Synthèse de la gestion actuelle des déchets incinérables (données 2005-2021)	14
Figure 7 : Evaluation prospective de la gestion des déchets incinérables selon une hypothèse de production future à 2 400 m ³ /an et gestion comparable à la gestion actuelle	15
Figure 8 : Hypothèse de réaffectation des tonnages vers l'incinération	16
Figure 9 : Principe de conception du stockage au Cires	23
Figure 10 : Photographies des alvéoles (source : photothèque Andra)	23
Figure 11 : Vue de Centraco	24

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Données de transport des déchets vers Centraco et le Cires (source : données 2021)	18
Tableau 2 : Données des GES produits selon les options de gestion	19

1. Introduction

1.1 Contexte et objet du rapport

La principale filière de gestion pour l'ensemble des déchets de très faible activité (TFA) en France est actuellement le stockage au Cires (Centre Industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage des déchets TFA, dans l'Aube) géré par l'Andra.

Néanmoins, certains **déchets combustibles, également appelés « solides incinérables »**, de faible à très faible activité (FA et TFA) sont traités dans l'unité d'incinération de l'installation Centraco (Centre nucléaire de traitement et de conditionnement, sur le site de Marcoule dans le Gard) gérée par Cyclife France. Les résidus d'incinération (cendres, mâchefers...) et déchets d'exploitation de Centraco sont ensuite stockés dans un centre de stockage de l'Andra (Cires ou Centre de stockage de l'Aube - CSA).

L'Andra et les Producteurs de déchets étudient depuis plusieurs années des solutions d'optimisation de la filière de gestion des déchets (TFA). Dans ce cadre, le Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR) 2016-2018 avait prescrit à l'Andra une étude comparant, sur les plans de la protection de la santé des personnes, de l'environnement et de la sécurité, l'incinération puis le stockage des résidus avec un stockage direct. L'Andra avait établi ce rapport en 2018 [1].

L'Autorité de Sûreté Nucléaire a par la suite émis en 2020 un avis [2] accompagné de recommandations sur la mise à jour de l'étude « *en complétant les hypothèses retenues et en intégrant les enjeux territoriaux liés à la gestion des déchets TFA* ».

L'article 23 de l'arrêté du 9 décembre 2022 [3] pris en application du Ve PNGMDR 2022-2026 [4] a repris cette recommandation et a fixé à l'Andra l'objectif suivant : « *Pour l'application de l'article D. 542-86 du code de l'environnement et de l'action nommée TFA.9 du PNGMDR, l'Andra transmet, avant le 31 décembre 2022, une mise à jour de l'analyse comparative de l'impact sur l'environnement de l'incinération des déchets de très faible activité par rapport au stockage direct de ces déchets, en intégrant les enjeux territoriaux liés à la gestion des déchets TFA. L'Autorité de sûreté nucléaire est saisie pour avis sur cette mise à jour* ».

Le présent document constitue l'étude demandée par l'article n°23 de l'arrêté PNGMDR 2022-2026.

Pour l'élaboration de ce rapport, l'Andra a travaillé en collaboration avec Cyclife France, notamment pour la collecte des données techniques, et a échangé avec le CEA, EDF Framatome et Orano.

1.2 Principales conclusions antérieures

De l'étude menée par l'Andra en 2018, il ressort les points suivants :

- L'Andra a évalué en 2018 le volume prévisionnel de déchets TFA pouvant potentiellement être traités dans l'usine d'incinération Centraco à 2 400 m³ par an dans les prochaines années ;
- Ce volume est compatible avec les capacités de traitement de l'incinérateur de Centraco, alors que l'incinération des déchets TFA est peu utilisée en raison de son coût ou du fait de rejets d'incinération plus importants que le stockage direct ;
- L'incinération des déchets constitue pourtant une technologie mature et éprouvée sur le plan industriel qui présente, pour les déchets TFA, l'intérêt d'une forte réduction volumique des déchets ultimes stockés et d'une forme physico-chimique plus stable ; les rejets actuels restent par ailleurs largement inférieurs aux autorisations de rejet de Centraco ;
- Une première comparaison menée en 2018 entre les options d'incinération des déchets solides TFA avant stockage des résidus et de stockage direct au Cires n'a pas mis en évidence de différence majeure entre les deux scénarios, sur les plans de la santé des personnes et de la sécurité.

Dans son avis de 2020 [2], l'ASN a considéré que cette première étude devait être complétée, notamment en prenant des critères complémentaires pour la comparaison comme :

- la localisation géographique des centres de stockage de l'Andra par rapport à celle de Centraco pour les rejets liés au transport ;
- une meilleure prise en compte des hypothèses sur le compactage des déchets ;
- la valorisation énergétique pour l'incinération de déchets liquides aqueux grâce à la chaleur générée par l'incinération des déchets solides ;
- les enjeux territoriaux liés à la gestion des déchets TFA.

Le Ve PNGMDR 2022 - 2026 mentionne que les données recueillies dans le cadre de la présente actualisation de l'étude de 2018 pourront alimenter une « **analyse multi-acteurs multicritères** » (AMAMC) plus globale qui est prescrite pour comparer des options de gestion des déchets radioactifs.

L'objet de cette AMAMC sera d'éclairer différents enjeux de santé, de sûreté, environnementaux, territoriaux... associés aux différentes options de gestion des déchets envisageables. Cette analyse, pilotée par les services du ministère de l'Énergie (DGEC), en association avec un panel d'acteurs, sera menée sur la base d'une méthodologie définie par l'IRSN¹.

Concernant spécifiquement la prise en compte des enjeux territoriaux, il a été considéré, après échanges avec l'ASN, que ce thème serait échangé dans le cadre des analyses multicritères et multi acteurs qui viendront enrichir les données du présent rapport.

1.3 Périmètre et enjeux de l'étude

En cohérence avec l'étude de 2018, la présente étude se focalise sur les déchets solides incinérables de très faible activité (DSI TFA), qui peuvent être gérés en stockage direct ou après compactage au Cires, ou incinérés sur le site de Centraco. Les autres types de déchets incinérables, mais qui ne sont pas acceptés en stockage au Cires sont les déchets putrescibles et les déchets liquides aqueux ou organiques incinérables (DLI).

L'étude porte ainsi, en actualisation de l'étude menée pour le PNGMDR en 2018, sur :

- L'actualisation des données d'inventaire des déchets solides incinérables susceptibles d'être dirigés vers l'une ou l'autre de ces options de gestion (stockage ou incinération) ;
- Les compléments de données environnementales sur ces deux options de gestion, notamment les questions de transport.

Les données ainsi recueillies, éventuellement complétées par d'autres critères, serviront pour alimenter l'analyse multicritères et multi-acteurs mentionnée au § 1.2. Les enjeux consisteront alors à définir, pour les déchets solides TFA incinérables, l'intérêt environnemental de l'incinération par rapport au stockage.

¹ Action CHAP.1 du PNGMDR et art.49 de son arrêté d'application du 9 décembre 2022

1.4 Documents et textes de référence

- [1] EAMRPASSI180021 - Étude comparative de l'incinération des déchets TFA et du stockage direct au Cires (Andra) [Document annexé au PNGMDR 16-18]
- [2] Avis ASN n° 2020-AV-0356 du 30 juin 2020
- [3] Arrêté du 9 décembre 2022 pris en application du décret n° 20221547 du 9 décembre 2022 prévu par l'article L. 542-1-2 du code de l'environnement et établissant les prescriptions du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs
- [4] Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs 2022-2026 (Ve PNGMDR)
- [5] Rapport de synthèse - Inventaire national des matières et déchets radioactifs 2018
- [6] Rapports annuels d'information du public relatifs à l'installation nucléaire Centraco, établis au titre des articles L125-15 et L125-16 du code de l'environnement - Rapports 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021
- [7] Rapport Andra, CEA, EDF, Framatome, Orano : Schéma Industriel pour la gestion des déchets TFA - 1ère partie : Définition des OPTIONS de gestion (Article 17 de l'arrêté du Ve PNGMDR) ; février 2022
- [8] Décret n°96-761 du 27 août 1996 de prescriptions pour Centraco
- [9] Rapport Orano, CEA, EDF et Framatome - Etude des modalités de transport des déchets TFA - PNGMDR 2016-2018
- [10] Information CO2 des transports - Application de l'article L1431-3 du code des transports - guide méthodologique édité par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, septembre 2018
- [11] Suivi de la stratégie nationale bas carbone - indicateurs de résultats - décembre 2021 ; indicateur scope 1 - T IR 1

2. Les déchets TFA solides incinérables

2.1 Caractéristiques des déchets incinérables actuellement produits

2.1.1 Nature des déchets incinérables actuellement produits

Les déchets solides incinérables concernés par la présente étude sont des déchets technologiques tels que les tenues portées par le personnel intervenant dans les installations nucléaires (gants, surbottes, combinaisons de travail...), les déchets combustibles issus de l'exploitation et de la maintenance (emballages, vinyles, chiffons...), des bois et composites, certains plastiques et des résines échangeuses d'ions présentes dans des installation de traitement d'effluents liquides.

2.1.2 Provenance des déchets

La majorité des déchets incinérables est issue du fonctionnement et de la maintenance des installations nucléaires, une partie de ce type de déchet provenant d'autres producteurs non électronucléaires (hôpitaux, laboratoires...).

2.1.3 Quantités de déchets TFA solides incinérables

Les quantités de déchets solides incinérables actuellement produits sont reconstituées à partir des données issues des deux filières de gestion que sont le Cires et Centraco, à partir des données d'acceptation de déchets de chaque installation :

- Dans le cas du Cires, les procédures d'acceptation permettent au producteur du déchet de déclarer la nature physique du déchet selon un double code donnant la nature « principale » du déchet (qui représente forfaitairement 70% du colis) et sa nature « secondaire » (qui représente forfaitairement 30% du colis).

Pour la présente étude, les natures physiques des déchets retenus comme correspondant à des déchets incinérables correspondent aux codes déchets de matières cellulosiques (coton, tissus...) (code A), de matières plastiques (B) et de bois (W) ; les quantitatifs retenus pour la production de déchets incinérables correspondant aux déchets « entièrement incinérables », c'est-à-dire dont les natures physiques principales et secondaires déclarées relèvent des 3 codes natures précités. Il convient de noter que les spécifications du stockage ne nécessitent pas que les colis reçus soient d'une seule nature, ou constitués uniquement de déchets incinérables, mais uniquement que la nature des déchets soit déclarée et conforme aux spécifications d'acceptation.

Les volumes reçus au Cires depuis sa mise en service sont relativement fluctuants ; en moyenne entre 2015 et 2020, le Cires a reçu un flux annuel de déchets incinérables **d'environ 3 900 m³** ($\pm 10\%$).

Pour mémoire, le flux moyen qui avait été pris en compte dans la précédente étude [1] (période 2010-2016) représentait 4 300 m³/an, valeur qui était indiquée comme appelée à diminuer dans le futur.

- Dans le cas de Centraco, les procédures d'acceptation ne différencient pas les déchets de catégorie TFA des déchets de faible activité. Une méthode indirecte a été retenue pour évaluer la part des déchets TFA dans les déchets solides incinérés :

En considérant le spectre² radiologique majoritaire des déchets reçus à Centraco (S122), exprimé en équivalent cobalt (60Co), un calcul de l'IRAS des déchets a été réalisé. L'IRAS est en effet un indice radiologique d'acceptation en stockage qui a été établi par l'Andra pour l'acceptation des déchets au Cires. Cet indice permet, de manière intégrée et pondérée, de prendre en compte la présence de différents radionucléides présents dans le déchet et leur activité. A l'échelle d'un

² Le spectre radiologique correspond aux proportions relatives, jugées représentatives et stables, des différents radionucléides présents dans un déchet

lot de colis de déchet, l'IRAS doit rester inférieur à 1 pour que le lot soit admissible au stockage, et, selon les cas, peut atteindre 10 au maximum à l'échelle du colis.

Sur la base des trois dernières années d'exploitation (2019 à 2021), il ressort **qu'environ 21% des déchets solides incinérés à Centraco (18 à 23 %) sont des déchets TFA**, en prenant comme hypothèse qu'ils sont caractérisés avec le spectre S122 présentent un IRAS inférieur à 1, et environ 75% ont un IRAS inférieur à 10.

Sur la base des données annuelles de production issues des rapports annuels de Centraco [6], en moyenne entre 2015 et 2021, 2000 t de déchets solides (FA et TFA) sont incinérés annuellement.

Environ **400 t de déchets TFA solides** sont ainsi incinérés annuellement, ce qui correspond, la densité des déchets entrant à Centraco étant de 0,25³, à **1 700 m³ déchets TFA**.

Au total, la production annuelle des déchets solides TFA incinérables est ainsi évaluée à **5 600 m³**. Ce chiffre est à comparer à la production annuelle totale de déchets TFA qui est de l'ordre de 38 000 m³/an [7] ; **les déchets solides TFA incinérables représentent ainsi environ 15% de la production annuelle de déchets TFA**.

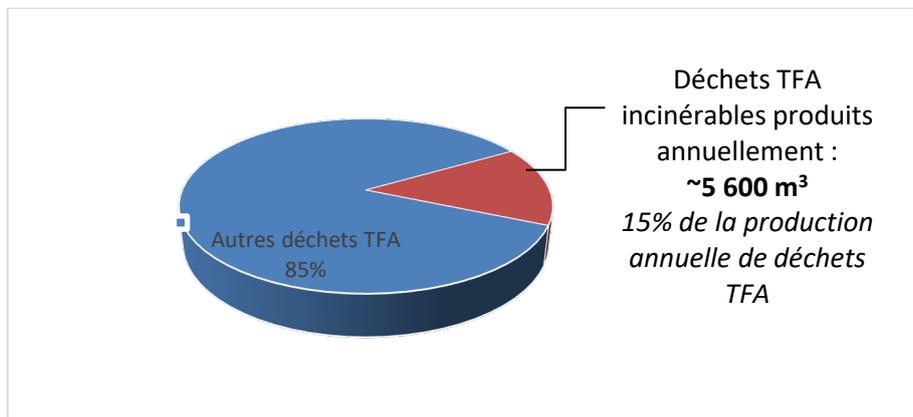


Figure 1 : Volume des déchets TFA incinérables produits annuellement (moyenne 2015-2020)

Il convient de retenir que les méthodes d'évaluation des quantitatifs de déchets TFA incinérables permettent une assez bonne approximation des déchets TFA incinérables actuellement produits, mais qu'il subsiste des incertitudes sur ces données, puisque les méthodes de recensement sont indirectes.

2.2 Mode de gestion actuel des déchets solides incinérables

Comme mentionné précédemment, les options de gestion par incinération à Centraco et par stockage au Cires constituent les deux modes de gestion actuellement utilisés pour des déchets solides incinérables TFA.

³ Donnée 2020 du tonnage et du nombre de fûts de 200 l entrants

2.2.1 Préparation et conditionnement

Des opérations de *préparation et de conditionnement* des déchets sont menées sur les sites des producteurs préalablement à leur expédition, afin d'optimiser le volume des déchets à stocker et/ou de se conformer aux spécifications d'acceptation.

Ces phases de préparation et conditionnement des déchets solides diffèrent selon l'option de gestion retenue :

- Pour l'envoi au Cires, les déchets incinérables sont essentiellement (à 78%) conditionnés en GRVS ((Grands Récipients à Vrac Souple, également appelés « big-bag ») ; les principaux autres modes de conditionnement sont des casiers ou fûts métalliques de diverses contenances ; lorsqu'ils sont destinés à un compactage sur le Cires, les déchets sont exclusivement conditionnés en GRVS ;
- Pour l'envoi à l'incinération, les déchets solides sont préférentiellement conditionnés en fûts en polyéthylène, et non compactés au préalable ; ils peuvent être triés et mis au gabarit (découpe) si besoin ; certains déchets conditionnés en fût métallique sont acceptés sur le site de Centraco, mais doivent faire l'objet d'un reconditionnement en fût plastique avant mise à l'incinération.

Ainsi, une évolution dans le choix de l'option de gestion ne peut être décidée a posteriori ; elle nécessite de modifier l'organisation des producteurs dès les phases amont de préparation des déchets et de constitution des colis. Les enjeux associés (place disponible pour les conteneurs de tri, contraintes de radioprotection...) doivent être pris en compte sur l'ensemble des étapes de gestion.

2.2.2 Incinération des déchets solides à Centraco

L'usine de Centraco est la seule installation en France à proposer des traitements d'incinération de déchets radioactifs à l'échelle industrielle. A titre d'information, un rappel de la description du fonctionnement de l'installation est présenté en annexe.

- *Capacité de l'installation d'incinération*

La Figure 2 présente les volumes traités ces dernières années, le tonnage de DSI restant assez stable, autour de 2 000 t/an. Ainsi qu'il a été indiqué précédemment, la part des « DSI TFA » représente environ 21% de ces déchets, soit **400 t/an, ou 1 700 m³/an**.

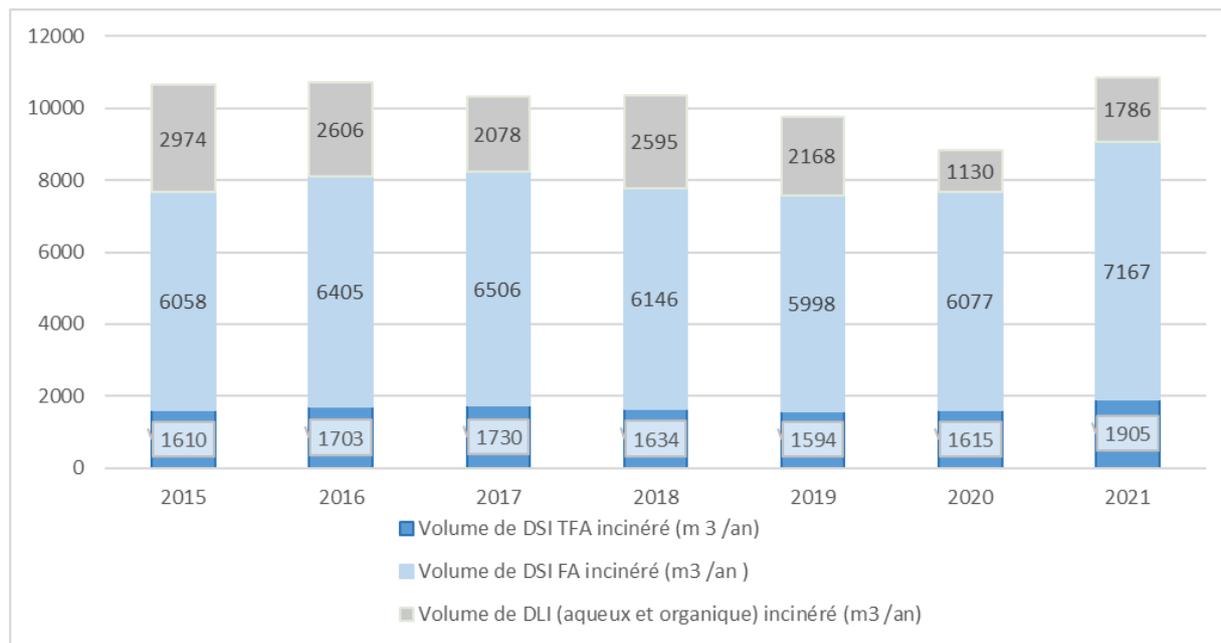


Figure 2 : Graphique des volumes annuels traités dans l'unité d'incinération de Centraco entre 2015 et 2021 par type de déchet

Le tonnage de DSI actuellement traité à Centraco (2 000 t/an) reste inférieur à la **capacité admissible de l'installation, qui est autorisée pour le traitement par incinération de 3 000 t/an de DSI**, et de 3000 T/an de DLI [8] , a minima jusqu'en 2031 , qui correspond à la date du prochain réexamen de sûreté en vue de la prolongation de l'exploitation.

Il existe donc techniquement et réglementairement une capacité de traitement de DSI supplémentaire pour l'incinération à Centraco.

- Co-incinération des déchets liquides et solides

L'unité d'incinération traite des déchets solides (Déchets Solides Incinérables) ainsi que des déchets liquides (Déchets Liquides Incinérables) de très faible et faible activité. En fonction du pouvoir calorifique du DLI, celui-ci peut être utilisé comme combustible ou comme liquide de refroidissement avec les DSI.

La co-incinération des liquides et solides est ainsi inhérente au process du four ; il est nécessaire de disposer de déchets solides combustibles pour incinérer certains liquides sans recourir à des combustibles fossiles, et réciproquement l'incinération de déchets liquides aqueux préserve la ressource en eau pour le refroidissement de l'installation.

- Production de déchets induits - facteur de réduction du volume de déchets solides

Outre le co-traitement de liquides, un des principaux enjeux de l'incinération des solides est la réduction de volume induit.

Les activités d'incinération de l'usine de Centraco produisent des résidus radioactifs, constitués de résidus des déchets incinérés et de déchets issus de l'exploitations et de l'entretien du four.

Ces déchets se déclinent de la façon suivante :

- Les *résidus* des déchets incinérés sont des mâchefers et des cendres, qui sont immobilisés par liant hydraulique sur site,

- Les *déchets d'exploitation* sont des déchets issus de la casse du four, des déchets de maintenance et divers déchets d'exploitation d'installation nucléaire.

Ces déchets sont caractérisés puis conditionnés sur site avant d'être envoyés dans un centre de stockage de l'Andra, au CSA du fait de la concentration de l'activité radiologique dans les résidus d'incinération, les déchets d'exploitation et maintenance étant acheminés au CSA ou au Cires.

Les déchets issus de Centraco regroupent les déchets d'incinération de tous les déchets incinérés (solides, liquides, TFA et FA), les déchets issus de la fusion des métaux et des déchets issus de la maintenance. Il est néanmoins établi à partir des bilans annuels de Centraco de 2015 à 2021 [6] que le flux annuel de déchets issus du seul processus d'incinération des déchets TFA (résidus et déchets de maintenance) est de l'ordre de 100 m³/an, essentiellement acheminé vers le CSA (à 90%).

Par rapport au volume en entrée d'incinérateur, le **gain volumique représente 1 600 m³/an au total, tous déchets induits confondus (TFA et FMA-VC), soit un facteur de réduction volumique de 17.** Les ratios en tonnage sont un peu moindres, avec un facteur de réduction de 2,7 (155 t de déchets induits, TFA et FMA-VC pour 400 t de déchets TFA incinérés).

La Figure 3 présente les ratios de production de déchets induits issus de l'incinération.

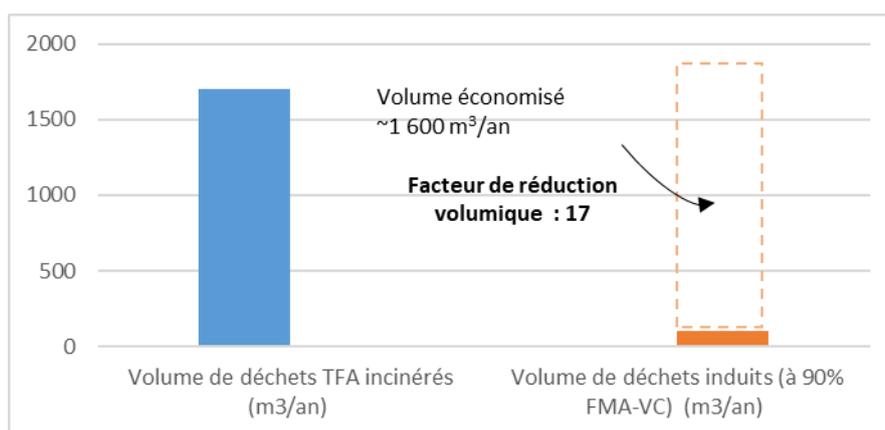


Figure 3 : Gains volumique par incinération

2.2.3 Compactage des déchets avant stockage

Le compactage des déchets est une opération réalisée par l'Andra ou dans certains cas, par le producteur du déchet préalablement ou au moment de leur mise en stockage. On notera que les déchets destinés à l'incinération ne nécessitent pas d'être compactés.

Le compactage consiste à procéder à une réduction de volume pour certains déchets de faible densité (en particulier les déchets de type gants, combinaisons, plastiques...) Ce traitement est réalisé par l'Andra au Cires via une « presse à balles » permettant de compresser les déchets pour former des balles.

L'objectif de ce compactage est double, à la fois **l'optimisation de la capacité de stockage et l'augmentation de la densité** pour limiter les phénomènes de tassements différentiels qui pourraient être préjudiciables à l'exploitation (roulement des engins) et à la bonne tenue de la couverture future.

L'ASN a demandé dans son avis de 2020 [2] de prendre en compte les données associées au compactage des déchets dans la présente révision de l'étude.



Figure 4 : Balle de déchets issue du compactage en presse à balles (source : Andra, Cires)

La presse à balle est utilisée au Cires en grande majorité pour compacter des déchets incinérables, qui représentent près de 86% des déchets compactés.

En moyenne sur les 15 dernières années, le volume de déchets incinérables entrant au Cires pour compactage a représenté en moyenne 2 200 m³/an, pour 700 m³/an stockés après compactage, comme l'illustre la Figure 5. **La presse à balle permet de réduire le volume de déchet à stocker avec un facteur de réduction volumique de plus de 3.** Ainsi entre 2005 et 2020 l'utilisation de la presse à balles a permis d'économiser approximativement 24 400 m³ de capacité de stockage depuis sa mise en service en 2005, soit environ 1 500 m³/an.

Du fait de ce gain en volume sur la capacité de stockage, les producteurs de déchets sont incités financièrement à demander à compacter leurs colis de déchets, lorsque cela est techniquement possible, : les coûts de prise en charge des déchets à compacter sont en effet plus faibles que les coûts en stockage direct.

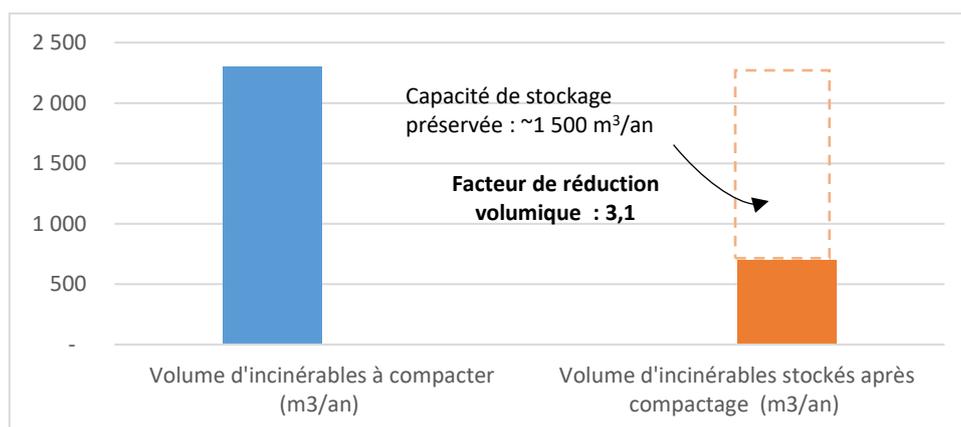


Figure 5 : Capacité de stockage préservée par compactage à la presse

2.2.4 Stockage au Cires

Le stockage au Cires constitue l'exutoire final dans les étapes de gestion des déchets TFA, à la fois pour les déchets envoyés en stockage direct, les déchets préalablement compactés ou, pour partie, les déchets d'exploitation de l'incinération de ces déchets.

Une part des déchets incinérables est envoyée directement en stockage, soit dans le cas de colis compactés sur les sites des producteurs soit, plus généralement car il s'agit de déchets dont la compacité

ne peut pas être améliorée : les déchets comme le bois ou des plastiques rigides par exemple ont une compacité qui ne peut pas être améliorée par presse.

A titre d'information, un rappel de la description de l'installation de stockage est présenté en annexe. Une demande d'autorisation d'augmentation de la capacité de stockage dans l'implantation géographique actuelle du Cires est en cours, ce qui doit pérenniser le Cires jusque vers 2040 /2045 ; un futur stockage centralisé devra être construit d'ici cette date, pour assurer la continuité de service de prise en charge des déchets.

En moyenne, hors déchets issus du compactage, ce sont près de **1700 m³/an** de déchets relevant des catégories de déchets incinérables qui sont acheminés et stockés directement au Cires.

2.3 Synthèse de la gestion actuelle des déchets incinérables

La Figure 6 présente en synthèse la répartition des flux de déchets TFA incinérables, les données quantitatives ayant été actualisées par rapport à l'étude antérieure, même si elles restent soumises à incertitudes.

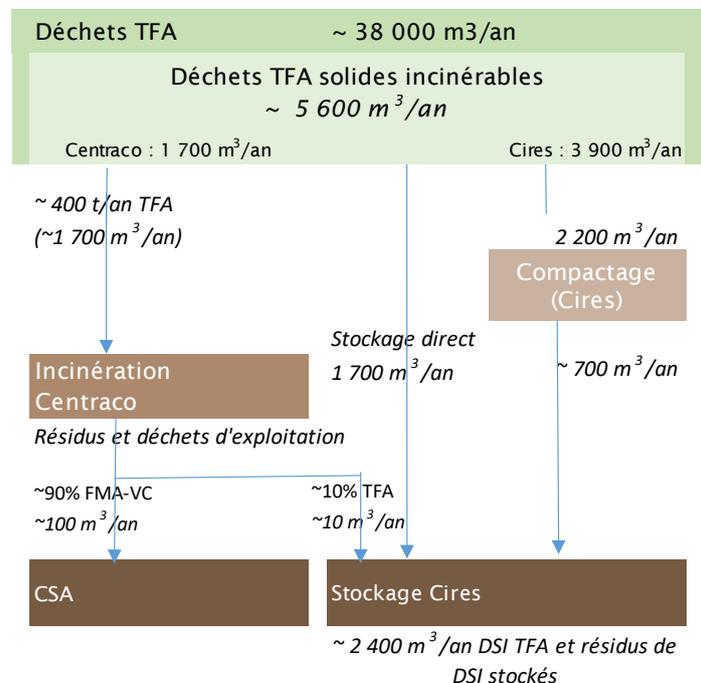


Figure 6 : Synthèse de la gestion actuelle des déchets incinérables (données 2005-2021)

2.4 Perspectives de production et gestion des déchets TFA incinérables

2.4.1 Evaluation de la production future de déchets TFA

Il n'existe actuellement pas, dans les exercices prospectifs de production des déchets, de catégorisation des déchets TFA en fonction de leur nature ou leur caractère incinérable ou non.

En fonction des programmes de déconstruction des installations nucléaires, la proportion des déchets incinérables, qui correspondent essentiellement à des déchets d'exploitation, devrait être réduite au profit d'autres déchets de type métaux, gravats et terres.

C'est pourquoi l'Andra estimait dans son étude antérieure [1] que l'extrapolation du flux annuel actuel constituait une approche qu'il fallait retenir avec prudence.

Une seconde méthode d'évaluation de l'inventaire prévisionnel des déchets a ainsi été proposée à partir de données de retour d'expérience sur le démantèlement du site de Grenoble du CEA, entre 2010 et 2016. Il a alors été établi pour ce site que **7,5% des déchets de démantèlement étaient incinérables**. Ce ratio appliqué à la production future de déchets représente **2 400 m³/an**, en considérant une production future de l'ordre de 32 000 m³/an pour l'ensemble des déchets TFA sur les 56 prochaines années.

Ces hypothèses ne sont pas remises en cause à ce stade de l'étude.

Les hypothèses devront néanmoins être **réévaluées régulièrement en fonction des évolutions de chroniques effectives de production des déchets**, en particulier selon les perspectives de plannings de démantèlement des installations nucléaires et/ou l'ouverture de nouvelles installations nucléaires qui génèreraient la production de nouveaux déchets d'exploitation incinérables.

2.4.2 Options de gestion envisageables

Les options de gestion envisageables dans le futur ont été établies en lien avec les producteurs de déchets et sont présentées dans l'étude PNGMDR [7]. Concernant spécifiquement les déchets incinérables, il n'existe actuellement **pas de nouvelles installations en projet pour le traitement des déchets incinérables**. Les hypothèses de gestion se basent sur la pérennité du four d'incinération de Centraco ; les évolutions possibles seraient essentiellement basées sur des **réaffectations de tonnages vers l'une ou l'autre des filières existantes**.

2.4.2.1 Cas 1 : Poursuite des ratios de répartitions actuelles de gestion entre incinération et stockage

La Figure 7 présente les perspectives des volumes en jeu avec une diminution des volumes annuels à traiter à 2 400 m³/an, en **maintenant les répartitions actuelles de gestion des déchets entre le stockage et l'incinération**.

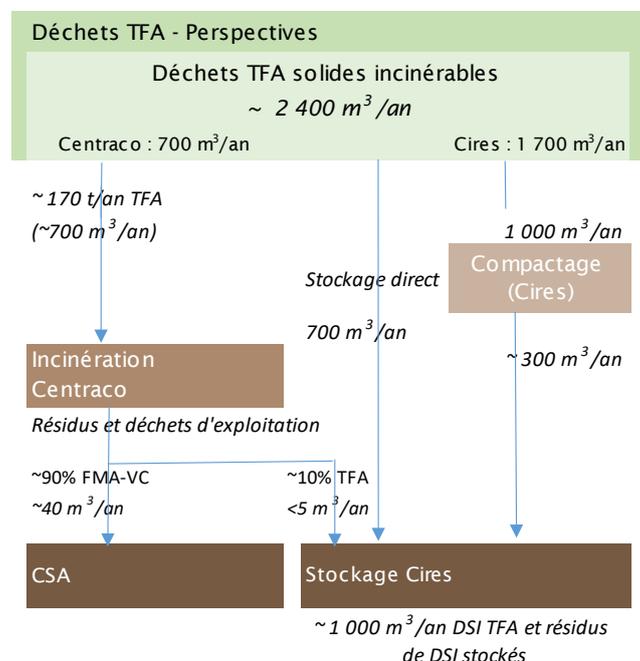


Figure 7 : Evaluation prospective de la gestion des déchets incinérables selon une hypothèse de production future à 2 400 m³/an et gestion comparable à la gestion actuelle

En définitive, en considérant la seule perspective de diminution prévisionnelle de la production de déchets TFA incinérables dans le futur, et sans modifier les modes de gestion actuels, il convient de retenir qu'une diminution du volume à stocker au Cires de l'ordre de 1 400 m³/an serait constatée.

Une diminution du volume incinéré serait également constatée à Centraco, avec le risque de ne plus avoir la capacité d'assurer le traitement de la totalité des déchets liquides. Il est en effet nécessaire du fait du procédé, d'incinérer des déchets solides pour incinérer des déchets liquides. De plus, certains liquides spécifiques du fait de leurs caractéristiques radiologiques ou leurs compositions chimiques, nécessitent un assemblage dans le four d'incinération avec des déchets solides.

Selon le type de liquide incinéré, le ratio DLI/DSI s'étend de 0 (absence de liquide incinérable qui sera remplacé par de l'eau de refroidissement) jusqu'à 1,6 (ratio atteignable avec des liquides peu chargés chimiquement et ou radiologiquement).

2.4.2.2 Cas 2 : Réaffectation des modes de gestion vers le stockage

Ce cas pourrait s'appliquer dans le cas d'un arrêt d'exploitation de Centraco par exemple, conduisant à envoyer tous les DSI vers le Cires, soit, selon les perspectives de production, 700 m³/an supplémentaire sur la base des données Cas 1 - Figure 7, ou au maximum 1 700 m³/an (sur la base de la production actuelle - Figure 6).

Un tel apport reste compatible avec les autorisations actuelles du Cires, à la fois pour le compactage et le stockage des déchets solides.

Néanmoins, les conséquences seraient différentes pour la gestion des liquides incinérables actuellement gérés en incinération, pour lesquels des solutions alternatives seraient à rechercher.

2.4.2.3 Cas 3 : Réaffectation des modes de gestion vers l'incinération

Une autre option consisterait à envoyer le maximum de déchets en incinération à Centraco, c'est-à-dire en théorie entre 1 700 m³ (perspective) et 3 900 m³ (volume actuel), ou 420 à 970 t, de déchets TFA supplémentaires par rapport à l'état actuel si tous les déchets sont admissibles.

La Figure 8 présente les perspectives de répartition des volumes dans l'hypothèse d'un envoi au maximum vers l'incinération.

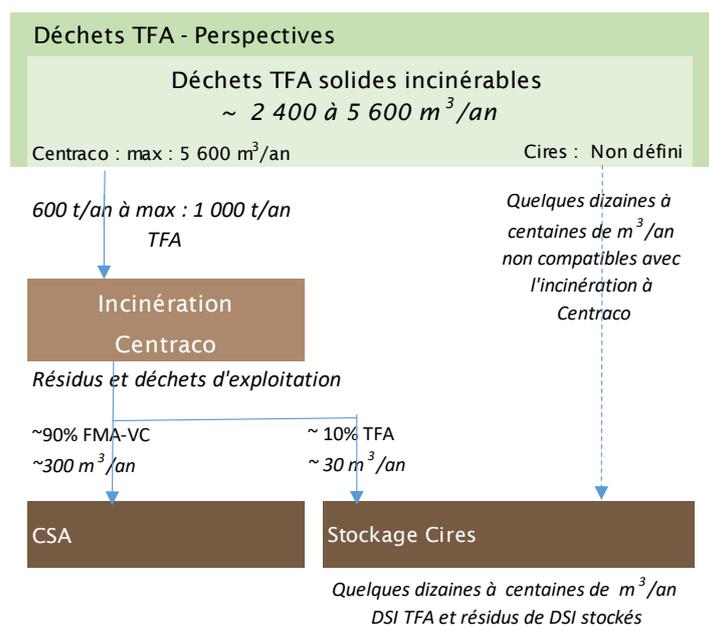


Figure 8 : Hypothèse de réaffectation des tonnages vers l'incinération

Au regard des conditions actuelles de fonctionnement de Centraco, il convient de noter que :

- La capacité autorisée pour l'incinération à Centraco [8] est de 3 000 t/an pour les solides.
- Depuis 5 ans, Centraco a incinéré en moyenne 2000 t/an de DSI (TFA et FA), dont 1 600 t de déchets FA et 400 t de déchets TFA ;

Cet apport supplémentaire de déchets TFA conduirait à un tonnage annuel global de 2 200 à 2 600 t de DSI à incinérer, ce qui reste globalement compatible avec les autorisations actuelles de Centraco.

Il subsisterait néanmoins un apport en stockage :

- Des déchets issus du processus d'incinération seraient produits à hauteur de 330 m³/an dont 30 m³/an au Cires et 300 m³/an au CSA (soit 3 fois plus qu'aujourd'hui pour le CSA),
- De certains déchets combustibles non admissibles dans l'incinérateur de Centraco (exemple : plastiques présentant du chlore...), dont le volume n'est pas défini à ce jour (potentiellement quelques dizaines à centaines de m³) resteraient acheminés vers le Cires.

En corollaire, ce scénario serait susceptible de conduire à reconsidérer l'usage et la rentabilité de la presse à balles présente au Cires, sachant que cette presse traite également un petit volume de déchets non incinérables.

3. Données environnementales

3.1 Introduction

L'étude antérieure avait présenté une première approche d'analyse multicritère pour la comparaison des deux filières de stockage et d'incinération. Pour donner suite aux demandes de l'ASN dans son avis de 2020 [2], des compléments sont apportés sur deux thèmes que sont la comparaison des transports et l'énergie, ainsi que des enjeux territoriaux. Les données concernant les transports et l'énergie sont présentées aux paragraphes suivants.

Pour disposer d'informations complètes, les données environnementales et en matière de santé et sécurité au travail qui avaient été établies lors de la première étude sont synthétisées en annexe. En absence d'évolution notoire des modes d'exploitation des sites de Centraco et du Cires depuis la précédente étude, les données établies restent en effet pertinentes.

3.2 Comparaison des transports

L'ASN dans son avis a rappelé les dispositions générales du code de l'environnement qui stipule dans l'article L.541-1 que les dispositions de gestion ont pour objet « *d'organiser le transport des déchets et de le limiter en distance et en volume selon un principe de proximité* ». Il a été souligné que l'étude précédente ne prenait pas en compte la localisation géographique des centres de stockage de l'Andra par rapport à celle de Centraco et a demandé une mise à jour sur ce point.

3.2.1 Données de distance parcourue

La comparaison des conditions de transport des déchets vers Centraco et le Cires a été établie sur la base des données d'arrivée sur chaque site des lots de déchets en fonction du site d'origine. Les comparaisons ont pu être menées pour l'année 2021, sur l'ensemble des déchets solides, TFA et FA pour Centraco, et pour l'ensemble des déchets TFA pour le Cires, les ratios de déchets incinérables étant ensuite appliqués à ces chiffres.

Différentes données concernant le transport de ces déchets, établies à partir des données des deux sites de Centraco et du Cires, sont présentées dans le Tableau 1.

TRANSPORT VERS CENTRACO (DSI TFA)

Volume incinérables (m3)	1 700
Nbre km des sites de production vers Centraco pour les incinérables	25 600
Nbre km des résidus vers le Cires et le CSA	3 800
Nbre total de km	29 350
Nbre de transport (camions)	56
Nbre km moyen parcouru par camion	520
Nbre km parcouru par m ³ de déchet DSI TFA géré à Centraco (km/m ³)	17

TRANSPORT VERS LE CIRES (incinérables)

Volume incinérables (m3)	3 900
Nbre km des sites de production vers le Cires pour les incinérables	119 000
Nbre total de km	118 600
Nbre de transport (camions)	250
Nbre km moyen parcouru par camion	470
Nbre km parcouru par m ³ de déchet incinérable géré au Cires (km/ m ³)	30

Tableau 1 : Données de transport des déchets vers Centraco et le Cires (source : données 2021)

Quelques remarques peuvent être formulées sur ces résultats :

- Les données sont calculées sur l'ensemble des déchets envoyées au Cires, le ratio des volumes de déchets incinérables étant ensuite appliqué pour comptabiliser le nombre de transports spécifiques pour les DSI ; cette méthode peut sous-estimer pour partie le nombre de camions utilisés, puisque les déchets incinérables présentent généralement une densité moyenne plus faible que d'autres déchets TFA ;
- Pour cette évaluation, il est considéré que les liaisons sont effectuées en boucles fermées, c'est-à-dire en intégrant une logistique routière permettant d'optimiser les trajets « retour » ; ainsi seul le trajet en « aller simple » entre le site producteur et l'installation de traitement est pris en compte dans le présent calcul ;
- De même, il existe un biais dans cette évaluation en fonction de l'origine des déchets, puisque si tous les sites de production acheminent des déchets TFA vers le Cires, les origines des déchets incinérables sont actuellement différentes, EDF acheminant essentiellement ses DSI vers Centraco. Compte tenu des positions géographiques du Cires et Centraco par rapport aux sites de production de déchets, le kilométrage moyen vers le site de Centraco est en moyenne plus faible que vers le Cires, d'environ 30%. Pour autant, en intégrant les trajets des résidus d'incinération, une rapide évaluation du kilométrage qui serait parcouru pour acheminer les déchets stockés aujourd'hui au Cires s'ils étaient redirigés vers l'incinérateur Centraco montre que les écarts de kilomètres parcourus se réduisent : environ 25 km/m³ vers Centraco contre 30 vers le Cires.
- Par ailleurs, il convient de porter à connaissance qu'une carte interactive des transports des substances radioactives va être établie sous l'égide du ministère de l'énergie à horizon de fin 2024 dans le cadre des prescriptions du PNGMDR⁴ ; ces premières données établies seront ainsi consolidées et harmonisées à l'échelle de l'ensemble des transports de déchets et matières radioactives.

Il convient de retenir que la gestion d'1 m³ de déchet solide incinérable depuis le site de production jusqu'à l'exutoire final de stockage, pour les colis ou les résidus d'incinération, nécessite de parcourir 17 à 30 km selon l'option de gestion, un camion parcourant en moyenne 500 km par chargement.

⁴ Action TR2 du PNGMDR et article 54 de l'arrêté du 9 décembre 2022- Etablissement d'une carte interactive des transports des substances radioactives

3.2.2 Impacts environnementaux des transports

Les données quantitatives de kilométrage peuvent ainsi être considérées pour la définition des émissions liées au transport, par exemple à partir de données issues de bases de données utilisées pour les Analyses du Cycle de Vie (ACV). Ces données pourraient être celles proposées dans le cadre de la méthode d'évaluation environnementale qui va être soumise pour l'analyse multicritères et multi acteurs mentionnée au § 1.

En application des données de l'étude des modalités de transport des déchets TFA établie par les producteurs de déchets en 2016-2018 pour le IVe PNGMDR [9] les impacts environnementaux associés aux transports routiers (qualité de l'air et réchauffement climatique) sont évalués par un indicateur synthétique sur les émissions de gaz à effet de serre selon le guide méthodologique [10].

L'indicateur GES, exprimé en masse d'équivalent CO₂⁵ émis, est déterminé par la formule :

$$\text{GES} = \text{taux de consommation du véhicule} \times \text{distance parcourue} \times \text{facteur d'émission.}$$

La consommation retenue pour la présente étude provient de l'étude des modalités de transport des déchets TFA rendue au titre du PNGMDR 2016-2018 [9]. Pour une semi-remorque de type porte-conteneur de 44t, est de 34,2 litres pour 100 km ; le facteur d'émission est de 3,16 kgCO₂/litre (soit 1,08 kg CO₂/km).

L'indicateur GES produit annuellement pour chaque option de gestion et pour le transport de 1 m³ de déchet TFA incinérable est présenté au Tableau 2.

TRANSPORT VERS CENTRACO (DSI TFA)		TRANSPORT VERS LE CIRES (incinérables)	
GES (t eq CO ₂) par an	32	GES (t eq CO ₂) par an	130
Volume transporté (m ³)	1 700	Volume transporté (m ³)	3 900
GES (kg eq CO ₂) pour le transport de 1 m ³ de TFA géré par incinération	19	GES (kg eq CO ₂) pour le transport de 1 m ³ de TFA géré par stockage	33

Tableau 2 : Données des GES produits selon les options de gestion

Il convient de retenir que la gestion d'1 m³ de déchet solide incinérable depuis le site de production jusqu'à l'exutoire final de stockage, pour les colis ou les résidus d'incinération, correspond à un indicateur d'émission GES de 19 à 33 kg eq CO₂, soit respectivement 32 et 130 t eq CO₂ produits annuellement selon l'option de gestion. Les incertitudes associées sont de l'ordre de 10 à 15%.

A l'instar des données de distance, il existe actuellement une balance qui apparaît favorable pour l'envoi à Centraco, mais qui reste à prendre avec prudence compte tenu des incertitudes associées.

3.3 Energie

L'ASN a mentionné dans son avis que l'incinération des déchets solides à Centraco peut conduire à la valorisation énergétique de ceux-ci, la chaleur générée contribuant à l'énergie apportée pour permettre l'incinération des déchets liquides aqueux.

En effet, contrairement à d'autres incinérateurs de déchets conventionnels (qui traitent des volumes / tonnages de déchets incinérables très supérieurs à ceux traités par Centraco), il n'existe pas de système de récupération de la chaleur produite par le four pour valorisation énergétique à Centraco.

En revanche, la co-incinération des déchets solides et liquides tel que mentionné au § 2.2.2 peut en effet être considéré comme une limitation des impacts sur les ressources en combustibles fossiles :

⁵ L'« équivalent CO₂ » désigne le potentiel de réchauffement global (PRG) d'un gaz à effet de serre calculé par équivalence avec une quantité de CO₂ qui aurait le même PRG.

les déchets liquides organiques se substituent alors à du combustible fossile pour finaliser la combustion des gaz.

Pour 3 années de référence allant de 2019 à 2021, Centraco a indiqué que les déchets liquides organiques représentaient environ 3,5% de des DLI (organique et aqueux) incinérés, ce qui représente en moyenne 60 t/an (cf. §2.2.2).

Il ne peut pas être considéré que 1 t de DLI organique se substitue à 1 t de combustible fossile : Le taux de substitution ne se fait pas avec un facteur de conversion de 1 pour 1, puisque les assemblages dépendent – entre autres – du pouvoir calorifique de chaque DLI organique, qui peut être très variable. Ainsi, à titre de référence, un solvant est fréquemment considéré comme disposant d'un pouvoir calorifique inférieur (PCI) « élevé » dès lors qu'il dépasse environ 50% du PCI du fioul (environ 10 kWh/kg), et « faible » lorsqu'il est inférieur à cette valeur.

En prenant en hypothèse que tous les DLI organiques ont ce PCI moyen, **l'incinération des DLI organiques permettrait une économie de 30 t de fioul**, ce qui reste assez modeste au regard de la consommation moyenne annuelle de fioul pour Centraco (environ 1000 m³/an ou 850 t/an pour le site), soit **autour de 3 à 4%**.

4. Conclusion et perspectives

Le présent rapport a actualisé l'étude menée en 2018 comparant les deux options de gestion actuellement disponibles pour des déchets solides TFA à caractère combustible (dits « incinérables » ou DSI) que sont l'incinération à Centraco d'une part et le stockage au Cires d'autre part.

Les données d'inventaire des déchets actualisées ont confirmé une tendance à la baisse de la production de ces déchets, tendance qui devrait se poursuivre avec les démantèlements d'installations nucléaires. A ce jour, les déchets TFA dits incinérables représentent environ 5 600 m³ de déchets annuels, avec une baisse envisagée à 2400 m³/an. Les perspectives de production évolueront cependant selon une chronique et une ampleur qui dépendra également de la mise en service éventuelle de nouvelles installations nucléaires produisant des déchets radioactifs. En tout état de cause, la part de ces déchets solides TFA incinérables reste limitée, de l'ordre de 10% (~ 7 à 15%) des déchets TFA produits.

Les deux filières de gestion de ces déchets par incinération et stockage ont vocation à être pérennes, aucune autre installation de traitement n'étant actuellement en projet par les producteurs de déchets.

Selon les spécifications d'acceptation respectives, les deux filières sont complémentaires et permettent de répondre à différents besoins particuliers : Il n'existe à ce jour pas de déchets solide incinérable TFA qui ne disposerait pas de filière de gestion, l'existence de ces deux filières est complémentaire et permet de gérer tous les DSI.

Les évolutions possibles de la gestion des DSI concernent la réaffectation d'une partie des volumes de déchets solides à produire vers l'une ou l'autre des filières.

Les enjeux seraient en synthèse les suivants :

- Techniquement, aucun enjeu majeur n'est à considérer ; les deux filières sont techniquement robustes et permettent une bonne gestion des déchets solides incinérables tout en respectant leurs autorisations de rejets ;
- D'un point de vue réglementaire, les deux filières sont dûment autorisées et les capacités admissibles respectives sont compatibles avec les évolutions prévisionnelles de production de déchets incinérables, et ce a minima pour les 15 à 20 prochaines années ;
- La comparaison de ces deux filières et les perspectives d'évolution possibles de gestion des déchets incinérables doivent être évaluées dans leur globalité, afin de tenir compte des enjeux indirects impactant d'autres déchets (déchets liquides traités à Centraco ou autres déchets compactés par la presse à balles au Cires) ;
- Dans le bilan sécurité / environnement des deux filières, la balance des différentes performances dépend du critère envisagé :
 - o L'option de gestion par incinération conduit à des consommations d'énergie et d'eau ainsi que des rejets atmosphériques (instantanés) plus élevés - tout en restant conformes aux autorisations de rejets ; à l'inverse, compte-tenu de la localisation géographique de Centraco, les distances de transport sont légèrement plus faibles engendrant un impact en gaz à effets liés aux transports plus faibles ; la co-incinération de liquides organiques constitue une forme de « valorisation », même si le gain en matière d'économie d'énergie reste limité ;
 - o L'option de stockage présente des résultats inverses : les émissions directes et consommations d'eau et énergie apparaissent plus faibles, mais la consommation de la ressource stockage, qui va de pair avec la consommation d'emprise, est plus importante ;
 - o Les balances sur d'autres critères sont plus tenues : la réduction du volume de déchets par incinération conduit à une augmentation de la concentration de l'activité radiologique ou physico-chimique ;
 - o Les données en matière de santé et sécurité des travailleurs s'avèrent difficiles à établir pour ces seuls déchets TFA incinérables et n'apparaissent pas discriminantes entre les deux options de gestion.

Ces résultats pourront servir de base au groupe de travail « multiacteurs multicritères » qui va, sous l'égide des services du Ministère de l'énergie, procéder à la comparaison des options de gestion des déchets TFA (action TFA4 du Ve PNGMDR).

ANNEXES

Annexe 1 : Présentation de la gestion des déchets par stockage au Cires

Les options de gestion actuelles des déchets TFA sont essentiellement basées sur le stockage direct ; il existe un centre accueillant les déchets TFA en France, le Cires (le stockage est dit « centralisé »). Préalablement au stockage, diverses opérations de préparation et de conditionnement des déchets sont engagées.

Le Centre Industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage (Cires), exploité par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra), est implanté sur les communes de Morvilliers et de La Chaise, dans le département de l'Aube. Il est dédié, depuis 2003, au stockage des déchets de très faible activité (TFA), et depuis 2012, à des activités connexes de regroupement de déchets radioactifs issus d'activités non électronucléaires et d'entreposage de certains de ces déchets qui n'ont pas encore de solution de gestion définitive. En 2016, une nouvelle activité de tri et de traitement dédiée aux déchets radioactifs issus d'activités non électronucléaires a été mise en service. Le bâtiment de regroupement peut être assimilé à une plateforme d'aiguillage ; les colis de déchets y sont triés et regroupés par catégorie avant d'être orientés vers des installations de traitement, de stockage ou d'entreposage.

Le Cires est une installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE). D'une superficie totale de 46 hectares dont 18 réservés au stockage des déchets TFA, ce centre est autorisé à accueillir 650 000 m³ de déchets. À fin 2020, la capacité de stockage était utilisée à hauteur de 63 % de cette capacité totale.

La conception de ce centre de stockage est établie sur des bases comparables à celles utilisées pour la conception des centres de stockage de déchets dangereux conventionnels ; la Figure 9 présente ces principes de conception : les déchets sont stockés en surface, dans des alvéoles de stockage, creusées à quelques mètres de profondeur dans une couche d'argile de plusieurs mètres d'épaisseur qui constitue une « barrière de sécurité passive ». Les dimensions des alvéoles sont de l'ordre de 4400 m² (alvéoles allongées de 176 m par 25 m). L'argile est protégée par une structure multicouche de géomembrane imperméable et de structures drainantes permettant le recueil des eaux ayant percolé dans les alvéoles, que l'on appelle des lixiviats (issus de l'humidité atmosphérique ou de l'humidité des matériaux naturels de comblement mis en œuvre entre les colis). Pour limiter cette production de lixiviats qu'il faut ensuite traiter, la mise en stockage se fait sous abri.

Une fois remplies jusqu'à formation d'un dôme, ces alvéoles sont recouvertes d'une couche de sable, puis fermées par une couverture composée d'un complexe de matériaux techniques et naturels : une géomembrane en PEHD⁶ qui garantit l'imperméabilité du stockage et un géotextile de protection résistant aux rayonnements UV. Une couverture argileuse est ensuite placée sur les alvéoles pour assurer le confinement des déchets à long terme et le réaménagement du site.

La Figure 10 présente quelques photographies des alvéoles de stockage du Cires.

⁶ PEHD : polyéthylène haute densité

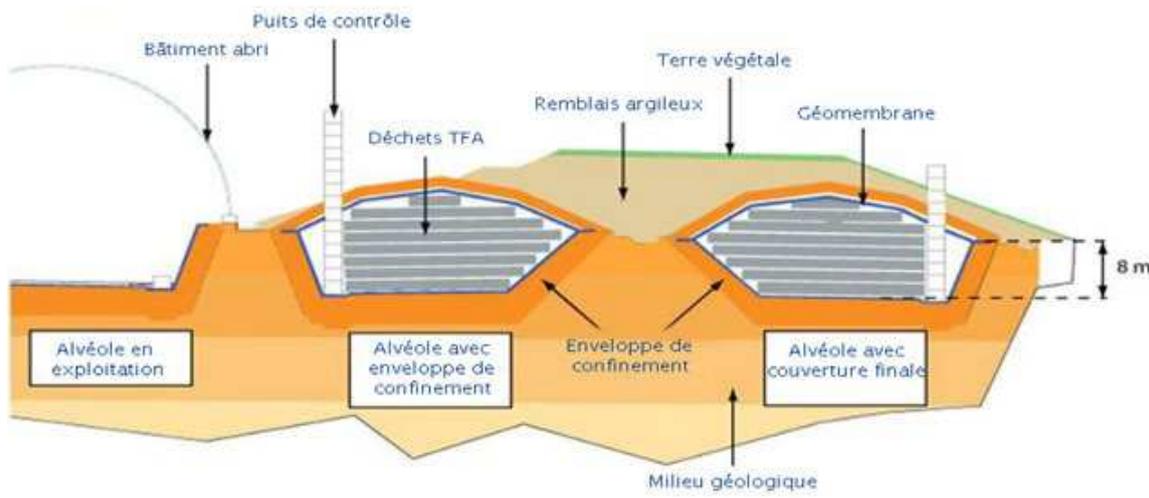


Figure 9 : Principe de conception du stockage au Cires



Figure 10 : Photographies des alvéoles (source : photothèque Andra)

Annexe 2 : Présentation de la gestion des déchets par incinération à Centraco

L'installation Centraco, exploitée par Cyclife France, filiale du Groupe EDF, est une installation nucléaire de base (INB) située sur le site industriel de Marcoule, au Nord-Est du département du Gard, sur la commune de Codolet.



Figure 11 : Vue de Centraco

L'unité d'incinération de Centraco traite des déchets solides et liquides combustibles de très faible activité (TFA) et de faible à moyenne activité à vie courte (FMA-VC) générés par les installations nucléaires ou bien collectés par l'ANDRA (Déchets issus de la filière non électronucléaire : les laboratoires, et les hôpitaux...).

Cyclife France est autorisée à traiter 3 000 tonnes de déchets solides et 3 000 tonnes de déchets liquides par an.

Les déchets traités dans cette unité sont de deux types :

- Déchets solides incinérables (DSI) : déchets issus des activités de production ou d'opérations de maintenance tels que, par exemple, des équipements de protection individuels (vêtements de travail, sur-chaussures), du carton, du papier, du plastique, du bois, des boues solides, des produits organiques en petite quantité (graisse...), des déchets putrescibles... ;
- Déchets liquides incinérables (DLI) : selon leur nature, ils sont divisés en sous-familles : liquides aqueux (acides, basiques, neutres) et liquides organiques (huiles, solvants organiques divers) ; pour une incinération directe, leur viscosité doit être telle qu'ils soient pompables et injectables à travers les cannes d'injection de l'incinérateur. Exemples de déchets liquides incinérables traités à Centraco : boues liquides, solutions aqueuses, solutions de décontamination, effluents de lessivage, concentrats, solvants, huiles, TBP, Résines Échangeuses d'Ions, etc.

L'unité d'incinération de Centraco est équipée d'un four statique à trois chambres de combustion permettant d'incinérer des déchets combustibles TFA et FMA-VC. Sa conception a été adaptée aux exigences des installations nucléaires, notamment en matière de confinement de la radioactivité (mise en dépression par rapport au local dans un bâtiment lui-même en dépression). Les déchets solides sont introduits dans la chambre primaire. Les effluents liquides sont injectés soit dans la chambre primaire, soit dans la chambre secondaire, selon de leur composition chimique, en co-incinération avec des déchets solides.

L'unité d'incinération permet un gain de volume des déchets d'un facteur 10 à 20 et une caractérisation physico-chimique et radiologique précise des déchets résultants. Les résidus d'incinération, principalement constitués de cendres et mâchefers, sont récupérés et bloqués dans un « ciment » par la méthode de l'inertage à froid. Les déchets radioactifs issus de l'incinération sont ensuite conditionnés et transportés vers un centre de stockage de l'Andra (Cires ou CSA).

Annexe 3 : Données environnement des filières stockage et incinération

Le tableau suivant rappelle la synthèse des analyses retenues lors de l'étude antérieure [1], complétée des données actualisées par le présent rapport concernant des critères en matière d'environnement.

Balance favorable pour :

Incinération
Stockage
Non discriminant
Non évalué

CRITERE A - ENVIRONNEMENT

i) Emissions dans l'environnement

Émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) liées au transport (réduction des émissions liées au transport)

Production de GES de 32 t eq CO₂ / an pour le transport pour l'incinération (environ 20 kg eq CO₂ /m³ de déchet) et 130 t eq CO₂ pour le transport envue du stockage (environ 35 kg eq CO₂/ m³ de déchet)

GES liés aux transports des déchets plus faibles pour l'incinération

Emissions dans l'air en phase d'exploitation et impacts associés (substances chimiques - hors GES et radiologiques)

Des rejets atmosphériques sont autorisés pour Centraco et pour le bâtiment de traitement (compactage) au Cires ; les rejets sont conformes aux autorisations.

Rejets atmosphériques supérieurs pour l'incinération, mais très inférieurs aux autorisations

Emissions dans les eaux de surface et impacts associés sur en phase d'exploitation et de surveillance – Risque de mobilisation de polluants

Des rejets en eaux de surface sont autorisés pour Centraco et pour le Cires

Non évalué quantitativement

ii) Consommation de matières premières

Consommation d'eau potable

Utilisation d'eau de refroidissement (eau en provenance de Marcoule) pour l'incinération à Centraco : 58 000 m³/an

Consommation d'eau supérieure pour l'incinération (refroidissement des fumées)

Efficacité énergétique, consommation d'énergie (hors transport)

Les données énergétiques concernent l'ensemble des activités des deux sites (incluant la fusion à Centraco et les activités connexes au Cires)

Fioul : pour l'incinération, du fioul est utilisé pour la chambre secondaire du four (incinération des DLI)

Electricité : Les données énergétiques concernent l'ensemble des activités des deux sites incluant la filière de stockage et l'incinération (ventilations...) ; la part attribuable à la gestion des DSI ne peut être quantifiée ; la consommation pour la filière incinération est supérieure

DSI non à peu concernés

Consommation électrique globalement supérieure pour l'incinération (ventilation, équipements connexes)

iii) Autres facteurs environnementaux

Impact sur l'exutoire : disponibilité et préservation de la capacité de stockage

Facteur de réduction volumique de 3,1 par compactage avant stockage et 16 par incinération ; le volume de stockage économisé annuellement est de 1 600 m³/an pour les deux filières

Non discriminant avec les volumes actuels en jeu ; en théorie, gain volumique unitaire supérieur par incinération

Limitation des déchets induits par l'installation : Déchets induits radioactifs

Production de déchets radioactifs FMA-VC et TFA par incinération : activité radiologique supérieure dans un volume moindre (effet de concentration)

Production de déchets induits radioactifs par incinération

Impact long terme des déchets

Forme chimique des déchets moins stable sur le long terme par stockage (plastiques) ; réduction de la dangerosité chimique par incinération, mais concentration de l'activité radiologique

/

Utilisation de substances dangereuses

Peu de substance dangereuse utilisée pour ces deux filières (hors consommation fioul) ; le traitement des fumées à l'incinération requiert des consommables à caractère dangereux

/

Valorisation / récupération / recyclage

Absence de recyclage des déchets, de valorisation énergétique au Cires et à Centraco.
Une forme de "valorisation" existe en considérant l'utilisation de DSI en combustible de substitution au fioul pour des DLI organiques ; le balin en économie de combustible fossile n'est pas directement évaluable ; il reste faible (3,5% de DLI organique dans les DLI incinérés en 2020)

Valorisation d'une faible part de DSI en combustible de substitution pour l'incinération des DLI organiques - peu discriminant

Annexe 4 : Données santé-sécurité au travail des filières stockage et incinération

Le tableau suivant présente la synthèse des analyses retenues lors de l'étude antérieure [1] concernant les critères en matière d'hygiène et sécurité des travailleurs.

Balance favorable pour :

Incinération
Stockage
Non discriminant
Non évalué

CRITERE B HYGIENE ET SECURITE (SANTÉ PUBLIQUE SECURITE SURETE)

Impact sanitaire

Impact sanitaire non mesurable pour les deux sites -
Non retenu

Non discriminant

Santé et sécurité des travailleurs

Bilan dosimétrique

Doses collectives et individuelles Non comparable (Les données dosimétriques de Centraco intègrent les opérations de fusion et la gestion des déchets FA)

Non discriminant

Santé et sécurité des travailleurs

Taux de fréquence Valeurs TF pour le CSA et Centraco <10 ; valeur pour le Cires variable (TF métallurgie environ 20)

Taux de gravité Valeurs TG pour le CSA, le Cires et Centraco de l'ordre de 0,4 (TG métallurgie environ 1,1)
Les TF et TG sont faibles pour les deux installations ; ils ne peuvent être évalués pour les seuls DSI TFA.

Non discriminant



AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION
DES DÉCHETS RADIOACTIFS

1-7, rue Jean-Monnet
92298 Châtenay-Malabry cedex

www.andra.fr